

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002056794 A**

(43) Date of publication of application: **22.02.02**

(51) Int. Cl.

**H01J 37/141**  
**H01J 37/145**

(21) Application number: **2000239603**

(22) Date of filing: **08.08.00**

(71) Applicant: **NATIONAL INSTITUTE FOR  
MATERIALS SCIENCE JEOL LTD**

(72) Inventor: **YOSHIKAWA HIDEKI  
FUKUSHIMA HITOSHI  
KATO MAKOTO  
SAKAI YUJI**

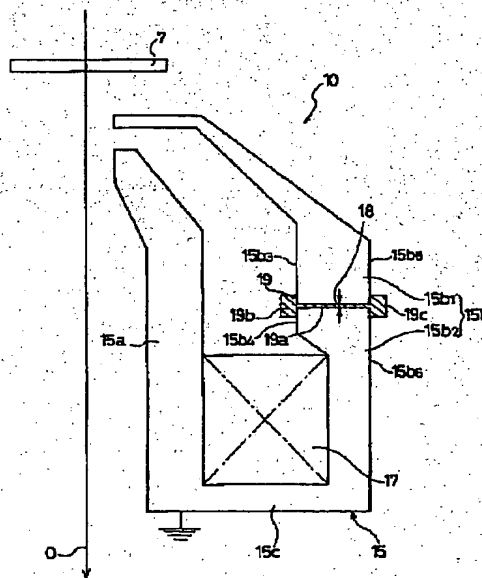
(54) **OBJECTIVE LENS FOR ELECTRON  
MICROSCOPE**

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve processing and assembling accuracy concerning aberration irrespectively of a conductor sample and an insulator sample, and ensure electric insulation and heat dissipation.

**SOLUTION:** A perimeter side partial section 15b of a yoke 15 is composed by dividing in two sections of an upper yoke 15b1 near a sample 7, and lower yoke 15b2 far from the sample 7, and a gap 18 is formed between those opposite end edges. A coil 17 which generates magnetism is equipped in the lower yoke 15b2, and the upper yoke 15b1 consists of a material which can generate an electric field and magnetic field, such as iron. When a conductor sample 7 is observed, both the yokes 15b1, 15b2 are set as earth electric potential, and when an insulator sample 7 is observed, the upper yoke 15b1 is floated on negative high voltage, and the lower yoke 15b2 is set as earth voltage. Thereby, an objective lens 10 is enabled to perform an acceleration action and a convergence action of electron emitted from the sample 7, irrespectively of the kinds of samples.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-56794

(P2002-56794A)

(43) 公開日 平成14年2月22日 (2002.2.22)

(51) Int. CL<sup>7</sup>

H 0 1 J 37/141  
37/145

識別記号

F I

H 0 1 J 37/141  
37/145

サーチコード (参考)

A 5 C 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-239603 (P2000-239603)

(22) 出願日 平成12年8月8日 (2000.8.8)

(71) 出願人 301023238

独立行政法人物質・材料研究機構  
茨城県つくば市千現一丁目2番1号

(71) 出願人 000004271

日本電子株式会社  
東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72) 発明者 宮川英樹

兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1 無  
機材料研究所専用ビームライン事務所内

(74) 代理人 100094787

弁理士 青木 健二 (外7名)

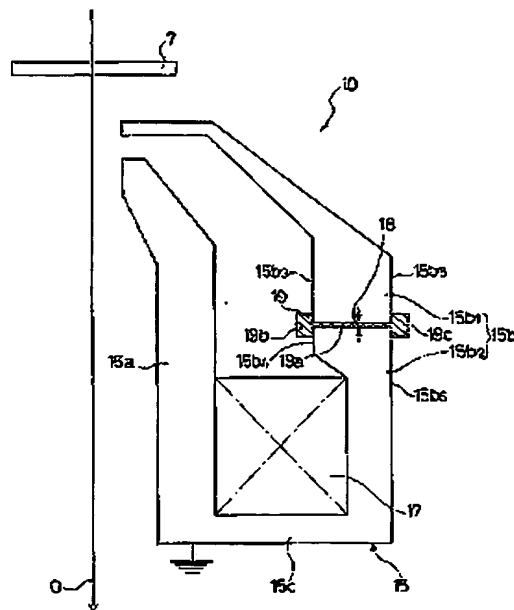
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子顕微鏡用対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】 導電体試料および絶縁体試料にかかわらず、収差的により優れた、しかも、電気的絶縁および放熱をより確実に行い、加工および組立精度を向上する。

【解決手段】 ヨーク15の外周側部分15bは試料7に近い上側ヨーク15b<sub>1</sub>と、試料7から遠い下側ヨーク15b<sub>2</sub>との2つに分割構成され、それらの対向端の間にはギャップ18が設けられる。下側ヨーク15b<sub>2</sub>に磁力を発生するコイル17が設けられ、上側ヨーク15b<sub>1</sub>は鉄等の電場および磁場を発生できる材料からなる。導電体試料7を観察する場合は、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>ともアース電位に設定し、また絶縁体試料7を観察する場合は、上側ヨーク15b<sub>1</sub>を負の高電圧に浮かせ、下側ヨーク15b<sub>2</sub>をアース電圧に設定する。これにより、対物レンズ10は導電体試料および絶縁体試料にかかわらず、試料7から放出された電子の加速作用と集束作用とを行うことが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 負の所定の高電圧に設定された試料に電子ビームを照射してこの試料から放出される電子を加速するとともに集束して結像系によって送るようになっている電子顕微鏡用対物レンズにおいて、

電場および磁場を発生するヨークを備え、このヨークは試料に近い側の上側ヨークと試料から遠い側の下側ヨークとに分割されて構成されているとともに、少なくとも前記上側ヨークが電場および磁場を発生可能な材料から形成され、

前記上側ヨークの対向面と下側ヨークの対向面との間に所定のギャップが設けられており、

前記上側ヨークは、前記試料が導電体試料のときには、前記上側ヨークおよび前記下側ヨークがいずれも互いに同じ電圧でかつ前記試料に設定されている負の高電圧より低い負の低電圧に設定されるとともに、前記試料が絶縁体試料のときには、前記上側ヨークが前記試料に設定されている負の高電圧と同じ負の高電圧に設定されかつ前記下側ヨークが前記負の低電圧に設定されるようになっていることを特徴とする電子顕微鏡用対物レンズ。

【請求項2】 前記ヨークは、前記電子ビームの光軸に近い内周側部分と、前記電子ビームの光軸から遠い外周側部分と、これら接続する接続部分とから円筒状に構成され、前記ヨークの外周側部分は、前記試料に近い部分と、前記試料から遠くかつ前記内周側部分および前記接続部分と一体に形成された部分との2つに分割されており、

前記上側ヨークは前記試料に近い前記ヨークの外周側部分で構成され、また、前記下側ヨークは前記試料から遠い前記ヨークの外周側部分と前記ヨークの内周側部分および前記ヨークの接続部分とから一体に構成されていることを特徴とする電子顕微鏡用対物レンズ。

【請求項3】 前記上側および下側ヨークの各対向面との間のギャップに電気絶縁部材が設けられているとともに、この電気絶縁部材は前記ヨークの外周側部分の内周面および前記ヨークの外周側部分の外周面にも延設されていることを特徴とする請求項2記載の電子顕微鏡用対物レンズ。

【請求項4】 前記試料が導電体試料のときに、前記上側ヨークおよび前記下側ヨークのいずれにも設定される低電圧、および前記試料が絶縁体試料のときに、前記下側ヨークに設定される前記低電圧は、いずれもアース電位であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1記載の電子顕微鏡用対物レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光電子顕微鏡（Photoelectron Emission Microscope: 以下、PEEMとも表記する）等の、比較的小きなエネルギーの電子を放出する試料を観察する電子顕微鏡に用いられる対物レンズ

の技術分野に属する。

## 【0002】

【従来の技術】 PEEMは、試料に光（多くの場合、X線）を当てて試料から放出される光電子を電子レンズ系によって拡大して観察する装置である。

【0003】 図2は、従来のPEEMの一例を模式的に示す図である。図中、1はPEEM、2は内部が超高真空中に保持される鏡筒、3は電子ビーム、4は電子ビーム3を発生する電子銃、5は電子ビーム3を適時集束、発散させて試料7に照射する照射系レンズ、6は照射系鏡り、7は試料、8は試料7を保持する試料ホルダ装置、9は電子ビーム3が照射された試料7から放出される光電子、10は試料7から放出される光電子9を加速するとともに集束する対物レンズ、11は結像系鏡り、12は結像系鏡り11を運ってくる光電子9を拡大して蛍光面13上に結像する結像系レンズ、13は拡大された光電子9が結像される蛍光面、14は観察窓である。

【0004】 このPEEM1は、試料ホルダ装置8に保持された試料7が電子ビーム3の光軸O上にセットされた後、電子銃4から放射された電子ビーム3が照射系レンズ5により適時集束、発散されて試料7に照射される。すると、試料7から光電子9が放出され、この光電子9が対物レンズ10で加速、集束されて、結像系鏡り11を運って結像系レンズ12に到達し、更にこの結像系レンズ12によって拡大されて蛍光面13上に結像される。そして、蛍光面13上に結像された光電子9の像が観察窓14を通して観察される。このPEEM1で対象とする光電子9のエネルギーは他の種類の電子顕微鏡で対象とする電子のエネルギーに比べて小さく、約1 keV程度のエネルギーである。

【0005】 このようなPEEM1で得られる像の分解能を決めるのは、他の電子顕微鏡と同様に光電子9を加速かつ集束する対物レンズ10の収差であるが、特に、PEEM1の場合は、前述のように小さいエネルギーの電子を相手にするので、その分対物レンズ10の収差の影響が大きくなり、分解能的には不利となっている。

【0006】 そこで、従来、PEEM1では試料7から出てきた光電子9を加速することで、この収差が増大するのを防止している。その場合、光電子9の加速率を大きくすればするほど、また加速する場所が試料7に近いほど、対物レンズ10の収差を小さくすることができ、対物レンズ10の収差を小さくする最も効果的な方法は、試料7に直接強い電場をかけて、試料7から出てきた光電子9をすぐに加速場に引き込むようにすることである。この方法によると、外乱磁場などの影響も受け難くなる。

【0007】 ところで、従来のPEEM用1の対物レンズ10は、(A) 静電型、(B) 電磁場重量型、(C) 磁界型の3つのタイプに分けることができる。

【0008】 (A) 静電型の対物レンズ10は、単に試

料7面に電場をかけただけでは光電子9を集束させるレンズ作用が発生しないことから、光電子9の加速を終えた後に、光電子9の集束のための静電レンズ場を設けたものである。したがって、この静電型の対物レンズ10は、(1)光電子の加速作用と(2)光電子の集束作用(レンズとしての結像作用)の2つのいずれの作用を行うためにも、試料7面に電場がかけられるようになっている。その場合、一般にレンズ作用が試料7に近いほど収差が小さくなるが、この静電型対物レンズ10では、加速作用の電場と集束作用のための電場を同じ試料7面にかけることができないので、集束作用のための電場が加速作用の電場より下流になって試料7から遠くならざるを得なく、その分、収差が増える。しかも、金属などの導電体試料7に対しては電場をかけることが可能であるが、絶縁体試料7に対して電場をかけるとチャージアップが生じ、このチャージアップにより放電が起き易くなるばかりでなく、試料7面の電位が定まらなくなって、光電子9をエネルギー分析する際に問題となるので、この静電型の対物レンズ10では、絶縁体試料7の観察には不利である。

【0009】また、(b)電磁場重畳型の対物レンズ10は、光電子9の加速作用が電場でしかできないのに対し、光電子9の集束作用が電場でも磁場でも可能であり、しかもこの集束作用に関しては一般に磁場の収差の方が小さいことから、光電子9の加速作用のために、試料7面に電場をかけるための電場レンズを設けるとともに、光電子9の集束作用のために、試料7面に磁場をかける磁場レンズを設けたものである。したがって、この電磁場重畳型の対物レンズ10は、試料7面に電場レンズによる電場と磁場レンズによる磁場の両方がかけられるようになっている。その場合、この電磁場重畳型対物レンズ10では、加速作用の電場と集束作用のための磁場を同じ試料7面にかけることができ、集束作用のための磁場が試料7から遠くなることはなく、静電型対物レンズ10に比べて収差的に有利となるが、絶縁体試料7に対して電場をかけると前述のような問題が生じるので、絶縁体試料7を観察するためには、試料7面に電場をかけるのを止めて加速作用を行わないようにする。このため、この電磁場重畳型対物レンズ10では、絶縁体試料7の観察のときに加速がされない分収差が悪くなるので、不利になる。

【0010】更に、(c)磁界型の対物レンズは、絶縁体試料7に対しては電場をかけると前述のような問題が生じることから、絶縁体試料7をも観察可能にするために、加速作用を行うための電場レンズを設けなく、集束作用のための磁場レンズだけを設けたものである。したがって、この磁場型の対物レンズ10は、試料7面に電場がかけられることはなく、磁場レンズによる磁場のみがかけられるようになっている。その場合、この磁場型対物レンズ10では、加速がされない分収差が悪くなる

ので、導電体試料7の観察のときは不利になる。

【0011】このような3つのタイプのPEEM用の対物レンズ10のなかでは、電磁場重畳型対物レンズ10が優れているが、この電磁場重畳型対物レンズ10は、前述のように絶縁体試料7の観察のときに不利になる。そこで、この電磁場重畳型対物レンズ10の不利を克服するために、電場を絶縁体試料7に直接かけられないようにすなわち試料7面より下流側に設け、この電場により、絶縁体試料7から放出される光電子9を加速することが考えられる。このようにPEEM用の対物レンズ10を構成することにより、磁場を常に試料7に直接かけることができるかあるいは常に試料7近くにかけることができるので、磁場の持つ収差的有利性を活かすことができ、また加速のための電場が試料7から離れて収差低減の効果がかなり薄れるが、それでも磁場型対物レンズ10のような磁場のみのレンズよりは収差を効果的に小さくすることができる。

【0012】以上のことをまとめると、最も理想的な対物レンズ10は、導電体試料7の観察のときは試料7面に加速のための電場と集束のための磁場とを重畳させ、また、絶縁体試料7の観察のときは加速電場を試料7面の下流側に位置させて試料7面の電場を0にするとともに磁場を導電体試料7の観察のときのままにするようにしたレンズである。したがって、このように対物レンズ10を構成することで、導電体試料7の観察および絶縁体試料7の観察にかかわらず、収差的に優れた対物レンズ10を得ることができる。

【0013】この最も理想的な対物レンズ10を具現化した対物レンズ10が、H.Rose, D.Prenkszas, "Outline of a versatile corrected LEM", Optik, 92, NO.1(1992), 31-44,において提案されている。なお、従来例の対物レンズおよび本発明の対物レンズについての以下の説明において、負の電圧の高低は、負の値が大きい側を高と規定し、負の値が小さい側を低と規定する。したがって、負の定電圧は、必ずしも電圧が負の値である必要はなく、アース電位の0Vあるいは正の電圧も指している。

【0014】図3に示すように、この対物レンズ10は、導電体試料の観察の場合には、試料7を数10kV程度の負の高電圧に浮かせるとともにヨーク15をアース電位として試料7面に加速場を作り、また、絶縁体試料7の観察の場合には、試料7とヨーク15を同じ値の負の高電圧に浮かせることで試料7面の電場をなくするとともに磁場を導電体試料7の観察のときのままにし、更に加速を、試料7面の下流の、ヨーク15の内側に置かれた電極16とこのヨーク15との間で行うようになっている。なお、図3には、ヨーク15の光軸Oに關し右側部分のみを断面で示しているが、このヨーク15は光軸Oを中心に円筒状に形成されている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この図3に示す対物レンズ10では、絶縁体試料7の観察のとき、ヨーク15全体を高電圧に浮かせるため、次のような問題が生じる。すなわち、

① ヨーク15全体を高電圧に浮かせたとき、放電を起こさないように電気的な絶縁を考慮する必要がある。この絶縁のためにヨーク15全体を硝子で保持することになるが、ヨーク15を硝子で保持するようにした場合、硝子が金属に比べて加工精度を出し難いので、ヨーク15の位置決め精度の問題が生じる。

② 電気的な絶縁のためにヨーク15全体を硝子で保持するようにした場合、硝子が熱に対しても絶縁体であるため、ヨーク15が熱的にも浮いてしまい、熱伝導の道が断たれてしまう。このため、ヨーク15全体を高電圧に浮かせることでコイル17に発生する熱を効果的に発散させることができない。そこで、水冷などの強制冷却の手段が必要になるが、ヨーク15が高電圧に浮いた場所の冷却なので、冷却は不可能ではないが非常に困難なものとなる。

③ ヨーク15全体が高電圧に浮くことで、レンズ中に結合させ用の偏向コイルや非点矯正のためのスティグマコイルを組み込むことも難しくなる。

【0016】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、導電体試料および絶縁体試料にかかわらず収差的により優れた、しかも、電気的な絶縁をより確実に行うとともに放熱をより効果的にし、更に加工および組立精度を向上することができる電子顕微鏡用対物レンズを提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するために、請求項1の発明は、負の所定の高電圧に設定された試料に電子ビームを照射してこの試料から放出される電子を加速するとともに集束して結像系によって送るようになっている電子顕微鏡用対物レンズにおいて、電場および磁場を発生するヨークを備え、このヨークは試料に近い側の上側ヨークと試料から遠い側の下側ヨークとに分割されて構成されているとともに、少なくとも前記上側ヨークが電場および磁場を発生可能な材料から形成され、前記上側ヨークの対向面と下側ヨークの対向端との間に所定のギャップが設けられており、前記上側ヨークが、前記試料が導電体試料のときには、前記上側ヨークおよび前記下側ヨークがいずれも互いに同じ電圧でかつ前記試料に設定されている負の高電圧より低い負の低電圧に設定されるときに、前記試料が絶縁体試料のときには、前記上側ヨークが前記試料に設定されている負の高電圧と同じ負の高電圧に設定されかつ前記下側ヨークが前記負の低電圧に設定されるようになっていないことを特徴としている。

【0018】また、請求項2の発明は、前記ヨークが、前記電子ビームの光軸に近い内周側部分と、前記電子ビ

ームの光軸から遠い外周側部分と、これら接続する接続部分とから円筒状に構成され、前記ヨークの外周側部分が、前記試料に近い部分と、前記試料から遠くかつ前記内周側部分および前記接続部分と一体に形成された部分との2つに分割されており、前記上側ヨークが前記試料に近い前記ヨークの外周側部分で構成され、また、前記下側ヨークが前記試料から遠い前記ヨークの外周側部分と前記ヨークの内周側部分および前記ヨークの接続部分とから一体に構成されていることを特徴としている。

【0019】更に、請求項3の発明は、前記上側および下側ヨークの各対向端の間のギャップに電気絶縁部材が設けられているとともに、この電気絶縁部材が前記ヨークの外周側部分の内周面および前記ヨークの外周側部分の外周面にも延設されていることを特徴としている。

【0020】更に、請求項4の発明は、前記試料が導電体試料のときに、前記上側ヨークおよび前記下側ヨークのいずれにも設定される低電圧、および前記試料が絶縁体試料のときに、前記下側ヨークに設定される前記低電圧が、いずれもアース電位であることを特徴としている。

【0021】

【作用】このように構成された本発明の電子顕微鏡用対物レンズにおいては、観察する試料が導電体試料の場合は、この導電体試料が負の高電圧に設定されるとともに、上側および下側ヨークがともに負の低電圧に設定される。これにより、試料の電位と上側および下側ヨークの電位とが異なるので、導電体試料に電場および磁場とともに形成される。したがって、対物レンズは導電体試料から放出される電子の加速作用と電子の収束作用とをともに行う。

【0022】また、絶縁体試料の観察の場合は、この絶縁体試料が負の高電圧に設定されるとともに、上側ヨークが絶縁体試料と同じ値の負の高電圧に設定され、更に下側ヨークが負の低電圧に設定される。これにより、絶縁体試料の電位と上側ヨークの電位とが同じになるので、絶縁体試料に電場が形成されなく、磁場のみが形成される。したがって、この磁場によって絶縁体試料から放出される電子の収束作用が行われる。一方、絶縁体試料および上側ヨークの各電位と下側ヨークの電位とが大きく異なることにより、上側ヨークと下側ヨークとの間に電場が形成される。この電場によって絶縁体試料から放出される電子は加速される。また、下側ヨークによっても磁場が形成されるので、この磁場によっても絶縁体試料から放出される電子は収束される。

【0023】このようにして、本発明の対物レンズは、導電体試料および絶縁体試料にかかわらず、試料から放出される電子の加速作用および電子の収束作用がともに行われるので収差的により優れた対物レンズとなる。しかも、導電体試料および絶縁体試料にかかわらず、電子が加速可能となることから、加速のための前述した従来

のようなヨークの内側に設けられた加速のための電極が不要になる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0025】図1は本発明の電子顕微鏡用対物レンズの実施の形態の一例を模式的に示す、図3と同様の図である。なお、本発明の実施の形態の対物レンズを前述の従来例のPEEMに適用して説明するが、その場合、このPEEMおよびこの対物レンズと同じ構成要素にはそれぞれ同じ符号を付すことで、その詳細な説明は省略する。

【0026】図1に示すように、この例の対物レンズ10では、ヨーク15が電子ビーム3の光軸Oに近い内周側部分15aと、電子ビーム3の光軸Oから遠い外周側部分15bと、これら接続する接続部分15cとから光軸Oを中心とした円筒状に構成されている。

【0027】ヨーク15の外周側部分15bは、試料7に近い部分と、試料7から遠くかつ内周側部分15aおよび接続部分15cと一体の部分との2つに切り離されている。すなわち、ヨーク15は、試料7に近い上側ヨーク15b<sub>1</sub>と試料7から遠い下側ヨーク15b<sub>2</sub>との2つに分割構成されている。下側ヨーク15b<sub>2</sub>に磁力を発生するコイル17が設けられている。上側ヨーク15b<sub>1</sub>は鉄等の導体および磁場を発生させることのできる材料から形成されている。

【0028】また、上側ヨーク15b<sub>1</sub>と下側ヨーク15b<sub>2</sub>の互いに対向する対向端の間には、所定（例えば1mm程度）のギャップ18が設けられていて、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端は互いに電気的に絶縁されている。その場合、この例の対物レンズ10では電気絶縁部材である硝子19が介設されており、この硝子19は両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端の間のギャップ18に位置する中間部19aと、この中間部19aの図において左端に設けられて両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の内周面15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>に当接する内周側フランジ19bと、中間部19aの図において右端に設けられて両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の外周面15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>に当接する外周側フランジ19cとからなっている。

【0029】したがって、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端部は硝子19によって支持されるとともに位置決めされるようになるので、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端の相対位置が精度良く決められ、ギャップが高精度に設定されている。また、このヨーク15の耐電圧および磁気抵抗はギャップ18によって決まり、ギャップ18が大きくなるとこれらは大きくなる。

【0030】そして、この例のPEEM1では、導電体試料7および絶縁体試料7に関係なく、試料7に所定の負の高電圧（-数10kV程度）に設定されるようになっている。

【0031】また、この例の対物レンズ10では、導電体試料7を観察する場合は、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>ともアース電位（つまり、負の低電圧）に設定し、また絶縁体試料7を観察する場合は、試料7に近い上側ヨーク15b<sub>1</sub>を試料7と同じ値の負の高電圧（-数10kV程度）に浮かせるとともに、試料7から遠い下側ヨーク15b<sub>2</sub>をアース電位に設定している。したがって、上側ヨーク15b<sub>1</sub>は導電体試料7または絶縁体試料7に応じてアース電位または試料7と同じ値の負の高電圧に設定され、また下側ヨーク15b<sub>2</sub>は導電体試料7および絶縁体試料7に関係なく、常にアース電位に設定されるようになっている。

【0032】更に、絶縁体試料7の場合に上側ヨーク15b<sub>1</sub>を負の高電圧に浮かせるとともに下側ヨーク15b<sub>2</sub>をアース電位に設定することで、下側ヨーク15b<sub>2</sub>から上側ヨーク15b<sub>1</sub>へ放電が大きくなるが、内、外周側フランジ19b、19cを電子ビーム3の光軸O方向に長くして絶縁面を大きく設定することにより、この放電は効果的に防止されている。

【0033】更に、ヨーク15が上、下側ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の2つに切り離されることで、ヨーク15を流れる磁束の一部が漏れるおそれがあるが、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端の断面積を大きく取ることにより、磁束の漏れ量が小さくされている。その場合、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端の断面積を大きくすればするほど、磁束の漏れ量は小さくなる。

【0034】こうして、この例の対物レンズ10では、2つに切り離された上、下側ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>が互いに電気的には絶縁され、また磁気回路としてはほとんど閉じたヨーク15が実現されている。しかも、図示のようにギャップ18を電子ビーム3の光軸Oから遠い側に設けることで、漏れ磁場の影響が最小限に止められている。

【0035】この例のPEEM用対物レンズ10の他の構成およびPEEMの構成は前述の従来例と同じである。

【0036】このように構成されたこの例の対物レンズ10の動作について説明する。

【0037】まず、導電体試料7の観察の場合は、試料7が負の高電圧に設定されるとともに、両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>とともにアース電位に設定される。これにより、試料7の電位と両ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の電位とが異なるので、導電体試料7に電場および磁場とともに形成される。したがって、対物レンズ10は、前述の図3に示す従来例と同様に導電体試料7から放出される光電子9に対して加速作用と収束作用とをともに行うようになる。

【0038】また、絶縁体試料7の観察の場合は、試料7が負の高電圧に設定されるとともに、上側ヨーク15b<sub>1</sub>が試料7と同じ値の負の高電圧に設定され、更に下

側ヨーク15b<sub>2</sub>がアース電位に設定される。これにより、試料7の電位と上側ヨーク15b<sub>1</sub>の電位と同じになる。絶縁体試料7に電場が形成されなく、磁場のみが形成される。したがって、この磁場によって光電子9の収束作用が行われる。一方、試料7および上側ヨーク15b<sub>1</sub>の各電位と下側ヨーク15b<sub>2</sub>の電位とが大きく異なることにより、上側ヨーク15b<sub>1</sub>と下側ヨーク15b<sub>2</sub>との間に電場が形成される。この電場によって光電子9は加速される。また、下側ヨーク15b<sub>2</sub>によっても磁場が形成されるので、この磁場によっても光電子9は収束される。このようにして、対物レンズ10は、絶縁体試料7に対して試料7から放出される光電子9の加速作用と光電子9の収束作用とをともに行うようになる。

【0039】この例のPEEM用対物レンズ10の他の動作は前述の従来例と同じである。

【0040】この例のPEEM用の対物レンズ10によれば、導電体試料7および絶縁体試料7にかかわらず、試料7から放出される光電子9の加速作用および光電子9の収束作用をともに行うことができるので、収差的により優れた対物レンズ10を得ることができ、高分解能の試料観察を行うことができる。しかも、導電体試料7および絶縁体試料7にかかわらず、光電子9を加速することから、前述した従来のようなヨーク15の内側に設けられた加速のための電極16を不要にできる。

【0041】また、対物レンズ10のヨーク15の一部分の上側ヨーク15b<sub>1</sub>のみを負の高電圧に設定し、ヨーク15の残りの大部分の下側ヨーク15b<sub>2</sub>を常にアース電位に設定している。負の高電圧に浮かせる部分を小さい範囲に限定することができる。これにより、ヨーク全体を負の高電圧に浮かせることに伴う前述の問題①ないし③を効果的に解決することができる。

【0042】すなわち、高電圧に浮かせるヨーク15の部分を小さい範囲に限定できるので、ヨーク15の絶縁も小さい範囲となる。したがって、ヨーク15の電気的な絶縁をより確実に行うことができる。また、電気絶縁部材を小さくできるとともに、電気絶縁部材の加工精度を出し易くなり、ヨーク15の位置決め精度を向上できる。これにより、対物レンズ10の加工精度および組立精度をともに向上できる。

【0043】また、ヨーク15の絶縁を高電圧に浮かせる小さい範囲に限定できるので、電気絶縁部材を設ける範囲も小さくできる。したがって、ヨーク15の大部分である下側ヨーク15b<sub>2</sub>を熱伝達の良い材料で支持できるので、コイル17に発生する熱を効果的に発散させることができる。これにより、特製の強制冷却の手段を不要にできる。特に、ヨーク15の大部分である下側ヨーク15b<sub>2</sub>を常にアース電位に設定している。この下側ヨーク15b<sub>2</sub>を鏡筒2あるいは他のケース等のアース電位に設定されているPEEM1の部材に直接

接触させることができるので、コイル17に発生する熱をより一層効果的に発散させることができる。

【0044】更に、高電圧に浮かせるヨーク15の部分を小さくできることから、レンズ中に軸合わせ用の偏向コイルや非点補正のためのスティグマコイルを組み込むことも容易となる。

【0045】更に、下側ヨーク15b<sub>2</sub>から上側ヨーク15b<sub>1</sub>への放電を、電気絶縁部材の硝子19の内、外周側フランジ19b、19cを電子ビーム3の光軸O方向に長くして絶縁面を大きく設定することにより効果的に防止できるようになる。

【0046】更に、上、下側ヨーク15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>の対向端の断面積を大きく取ることにより、ヨーク15を流れる遊束の漏れ量を小さくできる。

【0047】更に、ギャップ18を電子ビーム3の光軸Oから遠い側に設けることで、光電子9に与える漏れ磁場の影響を最小限に止めることができる。

【0048】この例のPEEM用対物レンズ10の他の作用効果は前述の従来例と同じである。

【0049】なお、前述の例では、本発明の対物レンズをPEEMに適用して説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、試料から放出される電子のエネルギーが小さいような試料の観察を行う電子顕微鏡であればどのような電子顕微鏡にも適用することができる。

【0050】また、ヨーク15のうち、負の高電圧に設定されない下側ヨーク15b<sub>2</sub>をアース電位に設定しているが、下側ヨーク15b<sub>2</sub>はアース電位に設定する必要はなく、上側ヨーク15b<sub>1</sub>に設定される負の高電圧に比べて低い負の低電圧に設定することもできる。

【0051】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の電子顕微鏡用対物レンズによれば、導電体試料および絶縁体試料にかかわらず、試料から放出される電子の加速作用および電子の収束作用をともに行うことができる。これにより、収差的により優れた対物レンズを得ることができ、高分解能の試料観察を行うことができる。しかも、導電体試料および絶縁体試料にかかわらず電子を加速することから、前述した従来のようなヨークの内側に設けられた加速のための電極を不要にできる。

【0052】また、対物レンズのヨークの一部分の上側ヨークのみを負の高電圧に設定し、ヨークの残りの部分の下側ヨークを常にアース電位に設定している。負の高電圧に浮かせる部分を小さい範囲に限定することができる。これにより、ヨークの絶縁を小さい範囲にすることができるので、ヨークの電気的な絶縁をより確実に行うことができる。

【0053】更に、上、下側ヨークの対向端の断面積を大きく取ることにより、ヨークを流れる遊束の漏れ量を小さくできる。

【0054】更に、高電圧に浮かせるヨークの部分を小

11

さくできることから、レンズ中に吻合させ用の偏向コイルや非点矯正のためのスティグマコイルを組み込むことも容易となる。

【0055】特に、請求項2の発明によれば、ギャップを電子ビームの光軸から遠い側に設けているので、電子に与える漏れ磁場の影響を最小限に止めることができる。

【0056】また、請求項3の発明によれば、ヨークの絶縁範囲が小さいことから、ギャップに設けられる電気絶縁部材を小さくできるとともに、電気絶縁部材の加工精度を出し易くなり、ヨークの位置決め精度を向上できる。これにより、対物レンズの加工精度および組立精度をとともに向上できる。しかも、電気絶縁部材をヨークの外周側部分の内周面およびヨークの外周側部分の外周面に延設しているので、絶縁面を大きく設定することができる。これにより、下側ヨークから上側ヨークへの放電を効果的に防止できるようになる。そのうえ、電気絶縁部材を設ける範囲を小さくできることから、ヨークの大部分である下側ヨークを熱伝達の良い材料で支持できるので、コイルに発生する熱を効果的に発散させることができる。これにより、強制的に冷却するための特別な冷却手段を不要にできる。

【0057】更に、請求項4の発明によれば、ヨークの\*

12

\*大部分である下側ヨークを常にアース電位に設定しているので、この下側ヨークを鏡筒或いはケース等のアース電子に設定されている電子顕微鏡の部材に直接接触させることができるので、コイルに発生する熱をより一層効果的に発散させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の電子顕微鏡用対物レンズの実施の形態の一例を模式的に示す図である。

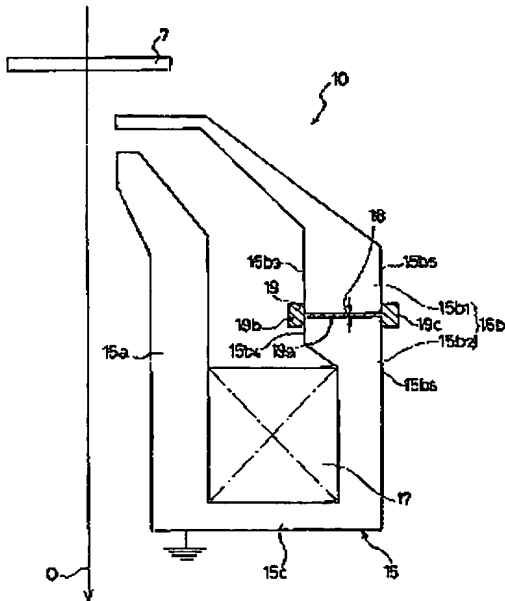
【図2】 従来のPEEMの一例を模式的に示す図である。

【図3】 従来の電子顕微鏡用対物レンズの一例を模式的に示す図である。

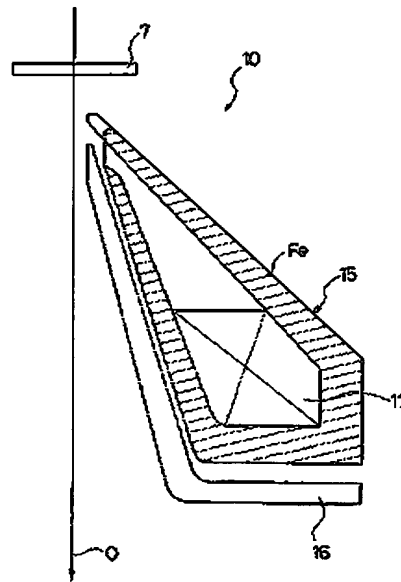
【符号の説明】

1…PEEM、2…鏡筒、3…電子ビーム、4…電子銃、5…照射系レンズ、6…照射系絞り、7…試料、8…試料ホルダ装置、9…光電子、10…対物レンズ、11…結像系絞り、12…結像系レンズ、13…蛍光面、14…観察窓、15…ヨーク、15a…内周側部分、15b…外周側部分、15c…接続部分、15b<sub>1</sub>…上側ヨーク、15b<sub>2</sub>…下側ヨーク、15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>…内周面、15b<sub>1</sub>、15b<sub>2</sub>…外周面、17…コイル、18…ギャップ、19…硝子

【図1】

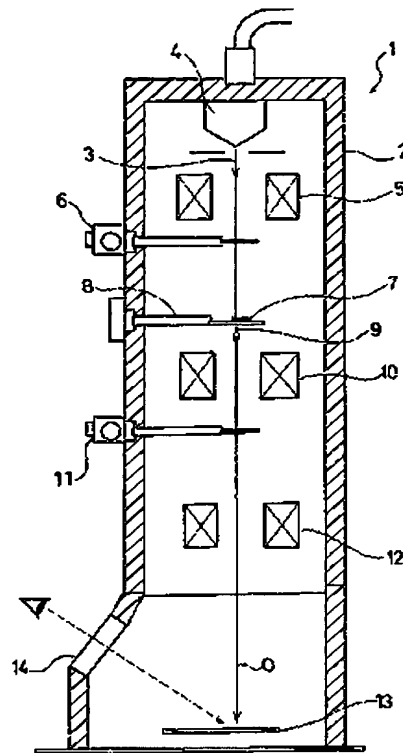


【図3】





【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 福島 肇  
兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1 無  
機材質研究所専用ビームライン事務所内

(72)発明者 高藤 誠  
東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日本  
電子株式会社内

(72)発明者 境 悠治  
東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日本  
電子株式会社内

Fターム(参考) 5C033 DD04 DE10